DOI:10.15929/j.cnki.1004-2172.2011.02.019

刘焯律探究

□沈雷强

(江南大学人文学院音乐系　江苏无锡　214036)

摘　要:刘焯是我国古代管律史上追求“十二平均律思想”的重要思考者和探索者,他因不满足当时的三分损益律计算中存在的矛盾,寻求一种全新的律制,从而有了刘焯律。目前对刘焯律的研究较少,所以本文的研究,无论对于中国古代音乐史还是乐律学,都具有一定的参考价值和意义。笔者通过亲手制管,并对刘焯律的用尺和数学推理进行论证,通过实验客观全面地评价刘焯及其创作的“刘焯律”。

关键词: 刘焯律; 十二平均律

中图分类号:J612　　文献标识码:A　　文章编号:1004-2172(2011)02-0075-04

一、刘焯律内容

刘焯(544—610,一说544—608[①]),字士元,信都昌亭(今河北翼县)人,隋代著名的天文学家。刘焯治学孜孜不倦,前后共十多年,在儒家经营、天文历算的研究都独有建树。唐魏征《隋书》“儒林”中介绍刘焯时说“论者以为数百年以来,博学通儒,无能出其右者。”现代历史学家范文澜在《中国通史》第三册中写到“隋朝最著名的儒生只有刘焯、刘炫二人。”刘焯一生不仅对上述的种种方面有着重要的贡献,在中国的律制研究与发展上也有其独特的建树。他较为详细地表述了律管长度与音高的关系,并为后世律制的发展提供了研究的方法和基础。

刘焯管律的制定,最早文献见于《隋书·律历志》载:“……兼论律吕。……其黄钟管六十三为实,以次每律减三分,以七为寸法均之,得黄钟长九寸,太簇长八寸一分四厘,林钟长六寸,应钟长四寸二分八厘七分之四。”[②]其义为黄钟管以六十三做基数,每律依次所减分值为三的倍数,再除以七。得出黄钟管长度为九寸,太簇管长度为八寸一分四厘,林钟管长度为六寸,应钟管长度为四寸二分八厘七分之四。刘焯试将黄钟管长度的等差试比于音程的等比。“众所周知,‘三分损益’法推算出的十二律存在两大缺陷。其一,按照三分损益法生律11次后,‘仲吕’律并不能回归至始发‘黄钟’律上,因为‘仲吕’律继续往下所生之律要比‘黄钟’律高一个古代音差(今称‘最大音差’,其音程值约为23.5音分,四舍五入作24音分)。其二,三分损益法十二律之相邻两律间存在着大、小两种半音(其音程值分别约为114音分和90音分),而且并非完全相间地出现。这两大缺陷使得十二律不能周而复始,循环往复,给‘十二律还相为宫’的理想造成了很大的障碍。”[③]刘焯第一次放弃了用三分损益法来进行十二平均律的计算,为后世创建平均律开辟了新的思路和方法。

二、诸家对刘焯律的研究评论

对于刘焯律的研究,目前学术界以杨荫浏、吴南薰和王子初的研究最具有代表性。

(一)杨荫浏对刘焯律的研究

杨荫浏先生根据《隋书·律历志》的记载把他对刘焯律的十二律算法,列成算式,则如下[④]:

黄钟: $63 \div 7 = 9.00000$,大吕: $(63-3) \div 7 = 8.57143$ ……

清黄钟: $(63-12x3) \div 7 = 3.85714$

杨荫浏根据以上数据,推算出这种律制产生的方法、演算步骤以及各律间的音高关系。其认为这种律种的产生“显然是把三分损益律中黄钟律的寸数,减去了林钟律的寸数,而除以黄钟至林钟间所隔半音程数——律数——7,乃得到相邻二律间共通而相同的差数。”[⑤]

他的计算步骤如下:

$(9-6) \div 7 = \frac{3}{7}$……任何相邻律间相差的寸数

$9-\frac{3}{7}=63-\frac{3}{7}$……大吕寸数(原文错误写为太簇)

同样,杨荫浏认为当时所用的律尺,最可能的是万宝常所用的水尺。他将刘焯律的管口直径,一律作为水尺三分,即8.21491公厘计算,则计算所得的重要结果,约如下表[⑥](见表一):

杨荫浏研究认为刘焯同径管律各律管长度之差均为0.43厘米,按照声学原理如律管愈短,相邻二律间相差的音

收稿日期:2010-10-27

作者简介:沈雷强(1973—),男,硕士,江南大学人文学院音乐系讲师。

程就愈大。音乐上，刘焯此种等差管律，在我们听觉上也无法接受，因此不可能有任何实际价值，这也许就是刘焯等差管律没有被广泛应用并流传的最主要原因！

表 1

律 名	十二律长度		频率	今 律	音分值	音分值差
	水尺寸数	公厘数	(V.D.)			
黄钟	9.00000	246.4474	326.7486	e^1 +	00.0	
大吕	8.57143	234.7118	342.1861	f^1 −	79.8	79.8
太簇	8.14286	222.9763	358.3271	$^\#f^1$	163.7	83.9
夹钟	7.71429	211.2406	377.8917	g^1 −	251.7	88.0
姑洗	7.28531	199.5049	398.6889	g^1 +	344.5	92.8
仲吕	6.85714	187.7692	421.9186	$^\#g^1$	442.5	98.0
蕤宾	6.42857	176.0338	448.0161	$^\#a^1$ +	546.4	104.1
林钟	6.00000	164.2994	477.5525	b^1 −	656.9	110.5
夷则	5.57143	152.5652	544.2646	c^2 −	775.1	118.2
南吕	5.14286	140.8271	250.0953	$^\#c^2$ +	901.8	126.7
无射	4.7129	129.0916	595.3086	d^2 +	1038.5	136.7
应钟	4.28571	117.3558	648.5712	e^2 −	1186.9	148.4
清黄	3.85714	105.6202	712.4197	$^\#f^2$ −	1349.4	162.5

（二）吴南薰对刘焯律的研究

有关刘焯律的研究，吴南熏先生认为刘焯为了改善当时的乐律，仿照《史记·律书》作出一篇乐论。他定律用管，形成刘焯之管律。但博学的刘焯，想不拘三分损益法，改善乐律，以挽偏重胡乐的颓风，成为反对郑译（利用琵琶推演七均）的一人。

当时所谓的“十二新律”是取法于《史记·律书》，统用七为寸法。从管律姑洗 63 起，至管律半中吕止，分除以 7，所得的十二管长。刘焯的漫律（或等差律），是从十二箫律脱胎而出，看太簇应该长八寸一分四厘三毫，刘焯就用四舍五入法，取到厘为止，又对应钟留其余分，$\frac{4}{7}$或在表示所用的寸法，中间没有变更，跟律书不同，又因应钟短于 4.5 寸，故意留一特例，表明其只有十一律，与印度的二十二律相类，是中国古今所未有，所以只能叫作漫律。

（三）王子初对刘焯律的研究

有关刘焯管律的研究，王子初仍参照缪天瑞《律学·§137》所列表及杨荫浏《中国音乐史纲》“隋刘焯等差管律”一节附表中的数据，但其归纳总结刘焯管律的生律法和产生这一律制的原因及意义提出了不同于他人的看法。

对于刘焯为什么要提出他的新律，王子初认为根本原因在于，他看到了旧有三分损益律无法克服的内在矛盾：最后一律仲吕不能回归本律黄钟，从而导致旋宫转调中律数无限扩张问题。刘焯律的音高是十分混乱的。在理论上，他误将“长度的等差”作为“音程的等比”，在物理原理上是完全错误的，在实践上，刘焯律也是行不通的。其无论从理论还是从实践的角度来看，都是一种失败的律制。缪天瑞也认为刘焯等差管律没有被广泛应用并流传，是“刘焯铸成这个律制的错误，其原因在于，他把十二律中相邻两律之间的‘长度的等差’，误为相邻两律间的‘音程的等比’，因而使构成的十二律的高度十分混乱，而且无法回到出发律。”[⑦] 以此而论，刘焯与他所批判的前人京房、钱乐之等人一样，都是在企图解决三分损益律的矛盾，探求十二平均律时的误入歧途者。

但刘焯提出的新律在十二平均律理想的历史道路上具有积极的意义，他是何承天光辉的“平均律思想”的重要继承者。与其前人何承天一样，他显然不满足于先前的三分损益律，而去追求一种全新的律制——十二平均律。他架起了何承天与朱载堉之间的一座思想桥梁；开拓了十二平均律理想从成熟到最终实现的必经之路。这在视三分损益律为神圣不可侵犯的正统律制的古代封建社会中，其胆识和勇气是令人钦佩的。

三、刘焯律管差构想的实验测定

就目前对该课题的研究来看，大多数管律已有人亲自制管进行研究。如李来璋对“伶伦作律”之探索，王子初对“荀勖笛律”的研究，刘勇复制还原了朱载堉的 36 支异径律管，胡企平仿制了清“康熙十四律”的律管。而刘焯律还未曾有人对其亲自制管测定，只是停留在理论研究上。笔者通过对刘焯律的研究，亲自制管测定，进而探究刘焯律的计算规律和特点，就前人对刘焯律的各点疑问进行考证。

（一）自制管具

经过一段时间的研究，抱着对刘焯律的几个疑点，笔者考虑怎样制管验证。在开始制管时，笔者考虑对制作律管的材料、方法和工具以及操作工艺等都应有严格要求。在校验律管的实践环节上，朱载堉已经为我们作出了表率。为了能在异径管律上有所突破，进行了一系列对比试验。如他在《新旧律试验第七—或问》中所述 “新律旧律，其同异易知也；孰真孰伪，斯难知也。答曰：试验则易知耳。试验之法有二：其一，累黍造尺，依尺造律，吹之试验；其二：吹笙定琴，用琴定瑟，弹之试验（造尺见《审度篇》，定琴见《旋宫篇》）。[⑧]

在制作材料上，按照古人对制作律管的材料要求“宜准古法制律，以铜精妙简易，胜于用竹”（《律学新说》，卷一，造律第七）。依此为据，笔者选择了以铜管制之。

（二）刘焯律管长的数学推理

由于隋代“水尺律”已经运用，所以笔者认为刘焯所用律制应是“水尺”，与杨荫浏的认识相同，水尺三分大约相当于现在的 0.821491 厘米。

经杨荫浏先生推算刘焯律所用律管应是 0.821491 厘米，但由于条件所限，笔者所用铜管直径为 0.9 厘米，这并不影响测音结果，因为加长了各律管的长度。根据乐律学知识，两管直径比与管长比相等，即：

$$直径_{杨氏}/直径_{笔者}=管长_{杨氏}/管长_{笔者}$$

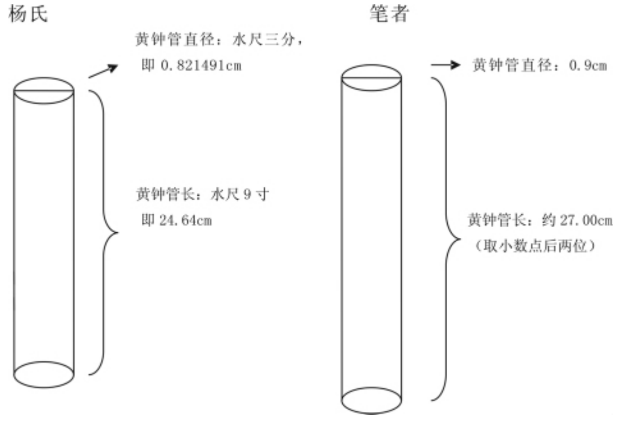
其比例为:

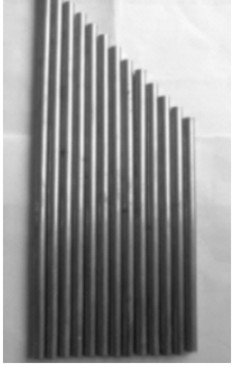
0.9 ÷ 0.821491 = 1.09(取小数点后两位)

因此笔者制作的 13 支铜制律管,其长度分别为:

黄钟　24.64474 × 1.09 = 27.00cm
大吕　23.47118 × 1.09 = 25.71cm
太簇　22.29763 × 1.09 = 24.42cm
夹钟　21.12406 × 1.09 = 23.14cm
姑洗　19.95049 × 1.09 = 21.85cm
钟吕　18.77692 × 1.09 = 20.57cm
蕤宾　17.60338 × 1.09 = 19.28cm
林钟　16.42994 × 1.09 = 18.00cm
夷则　15.25626 × 1.09 = 16.71 cm
南吕　14.08271 × 1.09 = 15.42 cm
无射　12.90916 × 1.09 = 14.14 cm
应钟　11.73558 × 1.09 = 12.85 cm
清黄　10.56202 × 1.09 = 11.57cm

在复制律管过程中 0.1 毫米以下的误差对律管测音的影响可以忽略不计。熟悉音响学和实际吹奏经验的人都知道,在音乐上,既要求符合音律,又允许有细微的误差。对吹奏音律来说亦是如此。有些时候音差的存在,反而更好地表达了音乐和吹奏音律的效果。笔者所制律管与古人律管比较如下:





笔者仿制【隋】刘焯律试验律管(黄铜制)

四、刘焯律管的实验研究

在进行吹律测音试验研究中,吹律与吹奏者的口型、口径、风门有诸多联系。朱载堉在《律学新说》卷之一《吹律》第八谈及有关吹律实验时指出 "吹律人勿用老弱者,气与少壮不同,必不相协,非律不相协也,吹时不可性急,急乃焦声,非自然声也,宜选一样之律,二人互换齐吹,察其气同。"⑨

笔者是从事专业吹管乐演奏的老师,根据多年演奏吹管乐器的经验,以所制刘焯律实验管进行吹奏测音,通过多次实验,根据精密的校音器进行多次测音实验,并作了以下记录。

律名	十二律长度 (取小数点后两位)	笔者测律音高	各律音分之差
黄钟	27.00cm	$^{\#}d^4$	
大吕	25.71cm	e^4 − 15	85
太簇	24.43cm	f^4 − 25	90
夹钟	23.14cm	$^{\#}f^4$ − 35	90
姑洗	21.86cm	g^4 − 35	100
仲吕	20.57cm	$^{\#}g^4$ − 35	100
蕤宾	19.29cm	a − 30	105
林钟	18.00cm	$^{\#}a^4$ − 10	120
夷则	16.71cm	b^4 + 10	120
南吕	15.43cm	c^4 + 35	125
无射	14.14cm	d^4 − 15	150
应钟	12.86cm	$^{\#}d^5$ + 45	160
清黄	11.57cm	f + 15	170

管径:0.9 厘米

标准音:440HZ

室温:20 摄氏度

笔者对刘焯的算法和律管进行了研究,并根据管长重新计算并得出了如下结论:

1. 用律管在吹奏时,随着管口吹奏的角度不同,可吹奏出近乎半音的音差,另外随着吹奏者的嘴型、口型、口劲的不同也会影响音准。口风向内所测音略低,反之则略高。这个现象印证了西汉京房提出的"竹声不可以度调"的管弦律差的说法。因此,笔者在制管验声的还原试验中尽量把种种因素考虑进去,并将它们各自的参数加以一定的较正,其中关键莫过于是参加管律还原试验的"人"。在同径管的测音试验中,演奏单个音越高,相差的音分越多。按十二律排列顺序,我们得出各律之间的音分数差从整体看是逐渐增大的。同时在实验过程中,笔者发现刘焯的律制更不符合我们的听觉习惯,因此我们确定,物理声学的等差不简单等同于数学等差。

2. "照物理学原理,倘十二律间之'音程',彼此各自完全相等;则高音部分各律间'长度'之差,应较低音部分各律间长度之差为小。"⑩笔者通过制管,测得刘焯十二律间的长度相差均在 1.28—1.29cm 之间。其结果,必定造成各音律之间的音程越来越大。刘焯所提出的十二平均律是各律长

度之差，而非“音程”，因此不能称之为“十二平均律”。

五、评价刘焯管律的历史价值

刘焯在考虑律制时虽然没有按照三分损益律来进行研究，但是他却延续了十二长度律的局限，并且未能发现音程的大小与等比数列的关系，同时忽视了管口角度与吹奏音高的关系。最关键的是，他误以为长度的等差为音程的等比，按照这样的研究来定制长度并制成管，最后的一律绝对回不到黄钟。根据试验测定结果来看首尾两音的最大差值近 170 音分，从这点来说，刘焯对管律的研究是失败的，他没有真正形成一种新的律制，他只是发现了旧有三分损益律的内在矛盾，即最后一律钟吕不能回归本律黄钟，从而导致旋宫转调中律数无限扩张。他没有真正解决这一矛盾，只是局限于发现了问题，对于怎样解决问题也误入歧途了。笔者认为刘焯律的失败与当时的数学水平也有关系，我国古代管律文化是随着各个时代生产和科学水平的发展而变化的。人们在制作及测算各种律制时运用了当时的种种先进科技手法，为以完整的数算来规范其发明的律制而竭尽全力。而刘焯可能没有找到更合适的算法，只能以简单“等差”来推算，难免出现这种混乱的局面。

尽管如此，刘焯律作为一种新的律制算法，对后世来说也可谓是宝贵至极。他为后来十二平均律的产生铺了一块重要的基石。在他之前，很多人对律学的研究大都是建立在三分损益律的基础之上的，三分损益律就是当时的权威，没有人敢与三分损益律正面交锋。但是刘焯就敢于打破传统，他以系数 $3/7 \times N$ 构成振动体长度的等差数列，企图以此达到旋宫的目的，虽然实际上刘焯不仅不能旋宫，而且十二律的实际音高也混乱了，但是他大胆的违背三分损益定律法确实是一个创举，为后人创建十二平均律提供了一个可贵的失败的例子！正是由于他迈出的这一步，架起了何承天与朱载堉研究律制之间的一座重要桥梁，是十二平均律最终实现的必经之路。因此刘焯律对后世来说，其功绩不可磨灭。

通过制管实验，可以看出有些古代管律理论也存在不足之处。实践出真理，只有通过实验，才能检验乐律理论的真伪。

责任编辑：李姝

注释：

①王兴文《<隋书>刘焯卒年记载有误》，《温州师范学院学报》，2006 年，第 6 期，第 92 页。

②《隋书·律历志》志第十一，卷十六，北京：中华书局，1977 年版，第 393 页。

③陈应时、陈聆群《中国音乐简史》，高等教育出版社，2006 年版，第 88 页。

④杨荫浏《中国音乐史纲》，上海：万叶书店，1952 年版，第 175 页。

⑤杨荫浏《中国音乐史纲》，上海：万叶书店，1952 年版，第 176 页。

⑥杨荫浏《中国音乐史纲》，上海：万叶书店，1952 年版，第 176 页。

⑦缪天瑞《律学》，1996 年 1 月版，人民音乐出版社，第 126 页。

⑧引自胡企平《中国传统管律文化通论》，上海音乐出版社，2003 年版，第 18 页。

⑨《律学新说》卷之一《吹律》第八谈，人民音乐出版社，1986 年版，第 44 页。

⑩王光祈《中国音乐史》，团结出版社，2007 年版，第 64 页。

参考文献：

[1] 杨荫浏. 中国古代音乐史纲 [M]. 北京：上海万叶书店，1952.
[2] 吴南熏. 律学会通 [M]. 北京：科学出版社，1964.
[3] 杨荫浏. 中国古代音乐史稿 [M]. 北京：人民音乐出版社，1981.
[4] 缪天瑞. 律学 [M]. 上海：上海音乐出版社，1983.
[5] 王子初. 残钟录 [M]. 上海：上海音乐出版社，2004.
[6] 王光祈. 中国音乐史 [M]. 北京：团结出版社，2007.

To Probe into Liuzhuo Tone

Shen Leiqiang

Abstract:

Liu Zhuo, one of the most important explorers who run after the “twelve-tone equal temperament” in the history of ancient wind tone in China. Up to now, there has been only few research on Liuzhuo Tone, so this article is devoted to it. The author makes a series of tests by making winds, in order to demonstrate and proof it, then makes more objective evaluation to Liu Zhuo and his Liuzhuo Tone.

Key words:

Liuzhuo Tone; twelve-tone equal temperament

(上接第 70 页)

documents, such as, *Yuezhi*, *Lvzhi*, *Yiwenzhi*, *Huiyaohuidian* and *Leishu*. In modern times, being subjected to the influence of western learning, the music discipline in China has been in transition, at that time, some learning specialized catalogues were marked “music ” Specialized Catalogues in a clear and definite way, which became the embryonic form of specialized catalogues in the upper 20th century. These catalogues, on the one hand, adapt themselves to the trend of the entire disciplines in modern China, on the other hand, it also provided direct documentary guiding tools used for learning of this discipline.

Key words:

the modern China; music history; specialized catalogue; Yuan Tongli; Lv Ji